

Keramik – auch gut zum Bremsen

shi. Seit Personenwagen mit Scheibenbremsen bestückt werden, bestehen diese Scheiben aus Metall. Dank grossen Durchmesser und Innenbelüftung ermöglichen sie sehr gute Verzögerungen. Neue Perspektiven eröffnen sich nun mit Carbon- beziehungsweise Keramik-Bremsscheiben, die im Rennsport schon seit geraumer Zeit zum Einsatz kommen und jetzt – in neuer Zusammensetzung – auch in ersten Serienautos installiert werden.

Mercedes als Vorreiter

Wenn nächstens erste Exemplare des neuen Coupés CL 55 AMG «F1 Limited Edition» von Mercedes auf unsere Strassen kommen, feiert die Keramik-Bremsscheibe Premiere auf dem Sektor der Serienautos. Vorerst an der Vorderachse des 1865 kg schweren Coupés installiert, werden die «gebackenen» Scheiben denn auch ganz ordentlich gefordert, gilt es doch, die von der 5,5-Liter-V8-Maschine ermöglichten Fahrleistungen unter Kontrolle zu halten. Dabei ist die Rede von 360 PS/265 kW Höchstleistung und einem Maximaldrehmoment von 530 Nm.

In der Formel 1, aber auch in anderen Rennserien wie etwa den wieder lancierten Deutschen Tourenwagen Masters (DTM), wo Bremsscheiben noch viel stärker beansprucht werden als im Serienauto, ist der Werkstoff Carbon (Kohlenstoff) schon seit längerem Stand der Technik. Das Hightech-Material zeichnet sich nämlich durch physikalische Eigenschaften aus, die Techniker (und Rennfahrer) schwärmen lassen. Carbon-Scheiben, die auf der Rennstrecke zum Einsatz kommen, brauchen jedoch eine Temperatur von rund 400 °C, um ihre volle Leistung zu erbringen. Ausserdem ist ihre Lebensdauer auf wenige hundert Kilometer beschränkt. Bremsen eines Serienfahrzeugs müssen dagegen ganz andere Voraussetzungen mitbringen. Die Lösung scheint nun mit der Carbon-Keramik gefunden worden zu sein. Verstärkende Kohlefasern und eine spezielle Silizium-Behandlung machen den Werkstoff für Serienautos tauglich. Weil der Herstellungsprozess aber sehr zeitaufwendig ist und viel Know-how erfordert, sind Keramik-Bremsscheiben nicht gerade billig und dürften deshalb Hochleistungsfahrzeugen vorbehalten bleiben.

Beim zweiten Serienauto mit Keramikbremsen handelt es sich um den Porsche 911 Turbo, der ab Spätherbst als Option ebenfalls mit den neuen

Bremsscheiben angeboten wird. Die Zuffenhausener nennen die Bremse PCCB (Porsche Ceramic Composite Brake) und betonen, dass das neue Material über den ganzen Betriebstemperaturbereich einen praktisch konstant hohen Reibwert gewährleistet. Sofort und ohne hohe Pedalkräfte erfolgt eine maximale Verzögerung; dies selbst bei nasser Strasse, denn das Verbundmaterial nimmt kein Wasser auf.

Mehr als ein Autoleben

Bremsscheiben aus konventionellen Keramikmaterialien könnten im harten Alltagseinsatz nicht bestehen. Von der Automobilindustrie sind nun aber faserverstärkte Verbundwerkstoffe entwickelt worden, die sich bestens für die Verwendung in der Fahrzeugbremsanlage eignen. Dabei dienen die praktisch verschleiss- und wartungsfreien sowie äusserst hitze- und korrosionsbeständigen Keramik-Bremsscheiben nicht in erster Linie der Verkürzung des Bremsweges, sondern der Beseitigung sämtlicher temperaturbedingten Probleme. Im Gegensatz zu konventionellen Stahlscheibenbremsen werden also keine Verformungen der Scheiben und keine Fading-Erscheinungen durch Überhitzung der Bremsflüssigkeit mehr auftreten. Ausserdem ist der Verschleiss kein Thema mehr. Erste Feldversuche haben ergeben, dass faserverstärkte Keramik-Bremsscheiben ein Auto selbst nach 300 000 Kilometern noch sicher zum Stehen bringen. Die beträchtlichen Mehrkosten der Verbundscheiben werden also zumindest teilweise durch geringe Wartungs- und Reparaturaufwendungen kompensiert. Gespart wird schliesslich auch beim Gewicht des Fahrzeugs, denn durch die geringe Dichte der Keramik geraten Fahrzeuge beziehungsweise die ungefederten Massen der Autos leichter. Bei Mercedes und Porsche rechnet man mit gut fünf Kilogramm pro Rad.

Im Prinzip ist das Verfahren zur Fertigung von Hochleistungs-Keramikwerkstoffen bekannt. Neu dagegen ist beim vorliegenden Beispiel der Bremsscheibe für Serienfahrzeuge die stoffliche Zusammensetzung. Kurze Kohlefasern – auch Carbon-Fasern genannt –, Kohlepulver und Harz werden gepresst und bei rund 1000 °C gebacken. Das im Ofen entstandene stabile Kohlenstoffgerüst besteht aus Kohlenstofffasern in einer Kohlenstoffmatrix. Abgekühlt lässt sich dieses Material wie Holz abschleifen. Wie konventio-

nelle Stahlscheiben schneller Sportwagen kann die innenbelüftete Keramikscheibe auch gelocht werden. Der bearbeitete Bremsscheibenrohling wird anschliessend zum Silizieren ein zweites Mal im Ofen behandelt. Von den Poren des Kohlenstoffgerüsts wird die Silizium-Schmelze, in welche die Bremsscheibe bei rund 1700 °C getaucht wird, aufgesaugt. Im Moment, in dem sich der Matrix-Kohlenstoff mit dem flüssigen Silizium verbindet, entsteht die Keramik. Die über Nacht erkaltete Bremsscheibe besitzt eine dunkelgrau glänzende Farbe. Bei Mercedes ist man stolz auf den prestigeträchtigen Erfolg im Rennen um das erste Serienfahrzeug mit Keramikbremse, zumal die Entwicklung und die Produktion im eigenen Hause erfolgen. Porsche dagegen setzt auf das Know-how des spezialisierten Zulieferers SGL Carbon AG, der auch Carbon-Bremsscheiben für Formel-1-Fahrzeuge liefert. Nicht nur die Bremsscheibe, sondern auch die werkstofflich darauf abgestimmten Bremsbeläge weisen eine extrem hohe Lebensdauer auf. Während die Scheiben mindestens ein ganzes Autoleben erhalten, rechnet man bei den Bremsbelägen im Vergleich mit herkömmlichem Material mit der doppelten Lebensdauer.

Keramik im Auto

Vor einigen Jahren ging, was den Einsatz keramischer Materialien im Automobilbau betrifft, eine Welle der Euphorie durch die Entwicklungsabteilungen: Mit keramikgepanzerten Brennräumen und Kolbenböden sowie Auslasskanälen sollten die Wärmeverluste des Verbrennungsmotors verringert werden, mit keramischen Ventilen hofften die Motorenbauer den Ventiltrieb leichter und reibungsärmer gestalten zu können. Mittlerweile sind die Techniker in Bezug auf keramische Werkstoffe etwas weniger optimistisch. Zu wenig zuverlässig für den Alltagsbetrieb scheint den einen der Einsatz des spröden Materials, zu schwierig im Handling bei der Grossserienproduktion den andern. Gute Chancen auf baldige Serieneinführungen attestiert der Fachmann heute eigentlich nur den Motorventilen. Diese Leichtbauvariante wäre besonders interessant im Zusammenhang mit den zu erwartenden elektromagnetischen, voll variablen Ventilsteuerungen. Möglicherweise bleibt es aber auch noch lange bei den bewährten Keramikanwendungen: den Monolithen der Abgaskatalysatoren, den Isolatoren der Zündkerzen und den Randbeschichtungen der geklebten Front- und Heckscheiben.